

코끼리조개의 섭식활동 및 환경내성에 관한 연구

이 채 성

국립수산진흥원 서해수산연구소

Studies on the Feeding Activity and Environmental Tolerance of Geoduck Clam, *Panope japonica*

Chae Sung Lee

Wast Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-201, Korea

Experiments on the feeding activity and environmental tolerance of geoduck clam, *Panope japonica* caught at the coastal water of Kangwon province located in the East Sea of Korea were performed from January to December, 1994.

Twenty genera and 33 species of plankton were found in the digestive tract, and most of them are phytoplankton. In spring, 21 species of planktonic foods were identified, but in summer, only 11 species were identified. *Nitzschia longissima* and *Rizosolenia alata* were present every month. Weight of the digestive tract was fluctuated seasonally : higher winter and spring, and lower summer.

Adult geoduck clams could be tolerated within the range of 5 to 20°C water temperature, and they could tolerated considerably well lower temperature than higher temperature within the range.

Key words : Feeding activity, Environmental tolerance, Geoduck clam

서 론

코끼리조개는 식용가용부가 55%에 달하여 육질부는 고가로 수출되는 등 경제성이 높고 산업적인 가치가 큰 패류이다. 강원도 연안의 자원량은 32,628 MT으로서 이중 실제 잠수부가 수중에서 채취작업이 가능한 수심 30 m 이천에 서식하는 자원량은 21,199 MT으로 추정하고 있다(江原道, 1990). 그러나 최근 남획에 의한 자원량이 급격히 감소하고 있어 자원관리 뿐 아니라 자원증강 방법이 강구되어야 할 것으로 사료된다. 코끼리조개에 관한 연구는 일본에서 濱本·大林(1985)의 분포와 어업실태에 관한 단편적인 보고가 있고 우리나라에서는 金 等(1991)의 서식환경과 성장

에 관한 보고가 있을 뿐이다.

한국산 이매패류의 먹이섭식에 관한 연구로는 柳(1960, 1962)의 용호만산 불통(*Mactra veneniformis*)과 백합(*Dosinis japonica*), 류와 김(1995)의 군산연안 동죽에 대한 연구가 있으며, 환경내성에 대하여는 元(1994)의 바지락에 대한 연구가 있다. 따라서 본 연구에서는 동해안에서 자원조성 품종으로 인공종묘생산 기술개발이 요구되는 코끼리조개를 대상으로 섭식활동 및 환경내성 등 생태적인 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

실험에 이용한 코끼리조개는 1994년 1월부터

12월까지 강원도 양양군 현남면 인구연안에서 잠수기선에 의해 채집된 코끼리조개를 대상으로 섭식활동 및 환경내성 시험을 실시하였다.

섭식활동 조사

섭식활동을 조사하기 위하여 현장에서 매일 1회씩 각장 10 cm 내외의 母貝 10마리씩을 10% 포르마린에 고정하여 사용하였다.

시료는 위에서 부터 후폐각근 상외측 부분의 항문까지의 소화관을 적출하여 중량을 digital 저울로 측정한 후 핀셋으로 내용물을 분리하여 현미경으로 검경하였다. 종의 동정은 山路(1982)와 Round et al. (1992)을 참고하였다.

수온 및 염분에 대한 내성

수온에 대한 내성을 조사하기 위하여 9개의 사각 플라스틱 수조(30×40×30 cm)의 저면에 각각 5 cm 높이로 모래를 채운후 해수를 넣고 공기를 포기시키면서 각장 10 cm 내외의 코끼리조개를 각 수조에 10마리씩 수용하여 상온(14~16℃)에서 7일동안 적응 사육을 실시한 후 각 시험에 사용하였다. 수온은 온도조절장치를 이용하여 수조내의 수온을 각각 0, 2, 5, 10, 15, 20, 23, 26 및 28℃로 유지시키면서 6시간 간격으로 240시간까지의 생존율을 조사하였다.

염분내성은 수온내성 조사에서와 같이 동일한 수조에 10마리씩 수용한 후 자연해수에 증류수와 천일염을 가하여 염분을 각각 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 및 45‰로 조정후 6시간 간격으로 240시간까지 생존율을 조사하였다. 모든 시험은 3회 반복하여 평균치로 산출하였다.

산소소비량

수온에 따른 코끼리조개의 산소소비량을 조사하기 위하여 15 l 원통형 유리수조에 여과해수 10 l를 채우고, 온도조절장치로 수온을 5, 10, 15, 20 및 25℃로 조절하여 7일동안 상온에서 적응 사육시킨 각장 10 cm 크기의 코끼리조개를 각 시험구별로 5마리씩 수용하였다. 수면에는

공기중으로 부터 산소가 들어가지 못하도록 액체 파라핀을 1 cm 두께로 덮어 밀봉시킨후 3시간 뒤에 산소소비량을 측정하여 羅等(1991)의 방법에 따라 산소소비량을 계산하였다.

결 과

섭식활동

코끼리조개의 소화관에서 조사한 먹이생물의 종류는 총 20속 33종으로서 식물플랑크톤이 16속 29종으로 전체 출현종의 87.9%로서 대부분을 차지하고 있으며, 동물플랑크톤은 12.1%에 지나지 않았다(Table 1).

출현 종류별로는 식물플랑크톤은 규조류가 15속 28종, 황색편모조류가 1속 1종으로 나타났으며, 동물플랑크톤은 섬모충류가 2속 2종, 방산충류와 갑각류가 각각 1속 1종씩 출현하였다.

계절별 출현종수는 봄에 21종으로 가장 많이 출현하였고, 겨울에 16종, 가을에 14종이었으며, 여름에는 11종으로 가장 적었다. 계절별 우점종으로는 봄에 *Distephanus speculus*, 여름에 *Nitzschia longissima*, 가을에 *Skeletonema costatum*, 겨울에 *Coscinodiscus perforatus*로 나타났으며, 연중 출현한 종은 *Nitzschia longissima*와 *Rhizosolenia alata*의 2종이었다. 소화관내의 먹이생물중 일부는 부서져 있거나 소화가 진전되어져 있었으며 특히 동물성 플랑크톤은 본래의 형태를 찾기 어려울 정도였다.

소화관 중량은 계절적으로 변화가 뚜렷한 年週期的이었다(Fig. 1).

1월에 2.4 g이던것이 서서히 증가하여 4월에는 3.1 g으로 최대에 달하였으며 6월이후 급격히 감소하여 8월에는 1.2 g으로 최저치를 보이다가 9월부터 다시 증가하였다. 또한 소화관 중량이 증가하는 1~4월에는 대부분의 개체가 소화관내에 먹이가 가득차 있었으며, 7~9월에는 소화관내에 내용물이 거의 없는 개체도 있었다.

Table 1. The list of plankton found in digestive tracts of *Panope japonica*

Species	April	July	October	December
<i>Amphora</i> sp.	+	+		
<i>Biddulphia tuomeyi</i>	+			
<i>Bi.</i> sp.			+	
<i>Chaetoceros affinis</i>		+		
<i>Ch. debilis</i>	+			+++
<i>Ch. didymus</i>	+	+	+	
<i>Ch. decipiens</i>				+
<i>Ch. simplex</i>	+		++	+
<i>Ch. teres</i>	+			
<i>Coscinodiscus asteromyhalus</i>	+	+		++
<i>Cos. perforatus</i>	+			+++
<i>Cos. megalomma</i>	+		++	
<i>Fragilaria cylindrus</i>	+			++
<i>Lauderia borealis</i>	+			+
<i>Leptocylindrus</i> sp.		++	+	+
<i>Licmophora abbreziata</i>		+	+	
<i>Mestogloia minuta</i>	++			
<i>Navicula elegans</i>	+			+
<i>Nitzschia longissima</i>	+	+++	+	+
<i>Nitz. vitrea</i>			+	+
<i>Rhizosolenia alata</i>	+	+	+	+
<i>Rhiz. setigera</i>	+			+
<i>Rhiz.</i> spp.			+	
<i>Skeletonema costatum</i>	+		+++	
<i>Thalassiosira subtilis</i>	+	+		+
<i>Thala. baltica</i>	+			
<i>Thalassiothrix longissim</i>			+	
<i>Th. nitzschioides</i>				+
<i>Distephanus speculus</i>	++++		+	+
<i>Parafavella denticulata</i>			+	
<i>Pleuropsis costata</i>		+		
<i>Tintinnopsis japonica</i>				+
Copepoda	+	++	+	
Total	21	11	15	17

+ : <5%, ++ : 5~20%, +++ : 20~50%, ++++ : >50%

母貝의 환경조건에 대한 내성

수온 및 염분에 대한 내성

수온별 경과일수에 따른 코끼리조개의 생존율을 보면(Fig. 2), 수온 5°C에서 15°C 사이에서는 시험기간 10일동안 100% 생존하였으며, 수온 20°C에서는 9일째에 7%의 폐사가 있을 뿐 모두 10일동안 살아 있었다. 수온이 높은 23°C에서는 3일째부터 폐사가 시작되어 6일째 37%, 10일째에는 27%의 생존율을 보였으며, 수온 26°C

이상에서는 24시간 이내에 전량 폐사하였다. 수온이 낮은 2°C에서는 3일째에 20%가 폐사하였으며, 10일째에는 43%가 폐사한 57%의 생존을 나타내었고, 0°C에서는 3일만에 전량 폐사하였다.

염분별 경과일수에 따른 코끼리조개의 생존율을 보면(Fig. 3), 염분 25~35‰에서는 10일동안 전량 생존하였다. 고염분인 40‰에서는 3일째 67%가 생존하였으나 5일째 전량 폐사하였고, 45‰에서는 18시간만에 전량 폐사하였다. 저염분

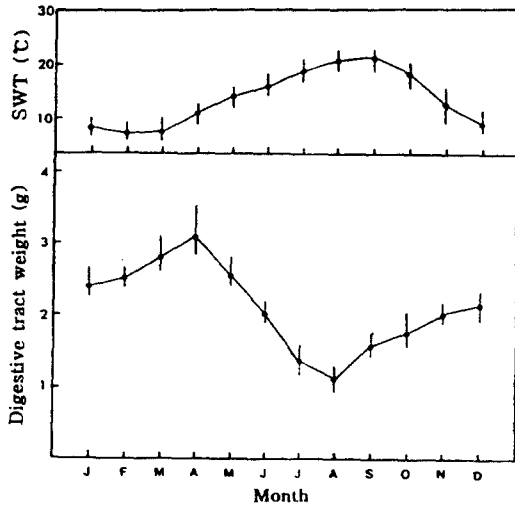


Fig. 1. Monthly changes of the digestive tract weight of *Panope japonica* and sea water temperature (SWT).

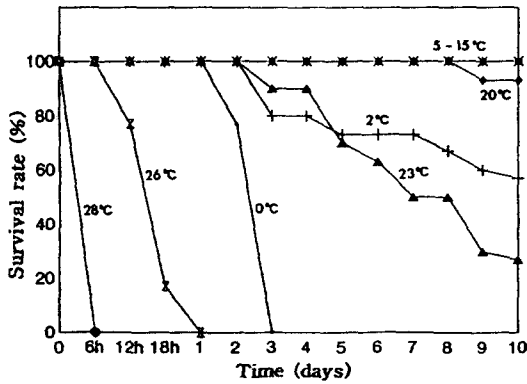


Fig. 2. Effect of water temperature on the survival rate of *Panope japonica*.

인 20%에서는 3일째 53%, 10일째 27%의 생존율을 보였으나 15% 이하에서는 24시간 이내에 전량 폐사하였다.

산소소비량

코끼리조개의 수온에 따른 산소소비량을 살펴 보면 Fig. 4와 같다. 수온 5°C에서 시간당 산소 소비량은 5.75 ml/kg/hr.였으며, 수온이 상승할수록 산소소비량은 서서히 증가하여 수온 20°C에서는 10.46 ml/kg/hr.의 산소를 소비하였으

며, 수온 25°C에서는 산소소비량이 15.83 ml/kg/hr.로 급격히 증가하였다.

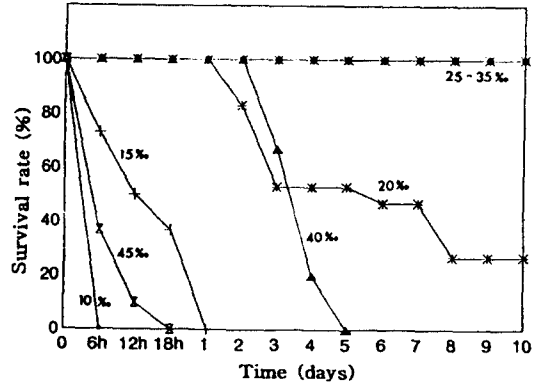


Fig. 3. Effect of salinity on the survival rate of *Panope japonica*.

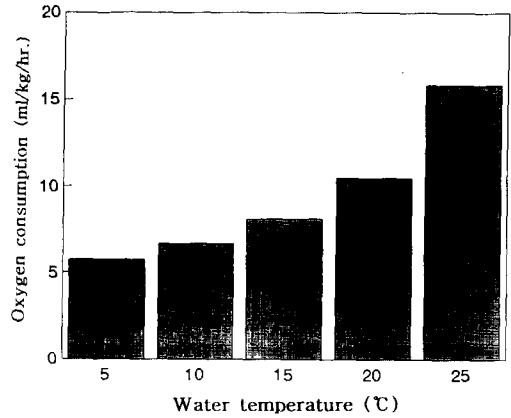


Fig. 4. Changes of oxygen consumption of *Panope japonica* to various water temperature regimes.

고 찰

이매패류는 입수관을 통하여 외투강내에 들어온 해수중에서 아가미 표면에 밀생한 섬모와 점액에 의해서 미소한 생물이나 유기물입자를 여과해서 섭식하는 여과섭식성 종류이다. 이매패류중에는 해저 표면 또는 저질중에 퇴적한 유기물을 흡입하여 먹는 퇴적물식자가 있지만 코끼리조개는 모래속에 묻혀 살면서 수관을 해지면 상부로 내어 플랑크톤을 포함하여 현탁물질중 유기물을 섭취

하는 여과섭식자에 속한다.

柳(1960, 1962)는 동족과 백합의 소화관 내용물 조사에서 비교적 단순한 형태의 플라랑톤을 섭식하며, 그 크기는 긴것은 1 mm 이하, 둥근형은 지름 320 μm 이하라고 하였으며, Sasaki (1987)와 北海道水産試験場(1963)은 북방대합의 소화관에서 출현한 종류는 규조류외에 유기물 입자, 해면류 골편, 동물성플라랑톤 껍의 파편이나 棘, 이매패류의 부유유생이 출현하였다고 보고하였다. 본 조사에서 우점종으로 출현하는 종들은 *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Skeletonema* 속으로 柳(1960, 1962)의 보고와 유사하였으며, 내용물 출현종으로는 규조류가 87.9%로 대부분을 이루고 있으며 그외 동물성플라랑톤이 출현하였으나 소화관내 먹이생물중 소화가 상당히 진전되어 형태 구분을 할수 없는 것도 나타나고 있어 이에 대한 계속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

섭식활동의 변화에서 소화관 중량은 겨울부터 봄에 걸쳐 증가하였고 여름에는 가장 낮은 경향을 보였다. 이것은 수온 연변화와는 상반적인 年週期성을 보이고 있는데(Fig. 1), 그 원인으로는 여름철 고수온에서 생리활성이 활발하여 소화능력이 높고 겨울철에는 생리활성의 저하로 인하여 소화능력이 낮기 때문(李, 1994)으로 추정된다.

濱本와 大林(1985)은 향천현지선에서 사육하던 코끼리조개는 수온 21.6~2 3.4 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10일간 생존율이 45~75%라고 하였으며, 金等(1991)은 강원연안에서 코끼리조개의 서식지 수온이 7~16

$^{\circ}\text{C}$ 내외인 한해성 패류라 하였다.

본 연구에서는 수온 5~20 $^{\circ}\text{C}$ 범위에서 10일동안 거의 100% 생존하였으나 23 $^{\circ}\text{C}$ 이상부터는 폐사가 급증하여 저온에는 강한편이나 고온에는 약한편을 보이고 있다.

북방대합은 저염분에 대한 내성이 비교적 강하여 염분 20.1~33.5%의 범위에서 20일동안 폐사가 없었다(安永, 1980). 그러나 코끼리조개는 염분 25~30%에서는 10일동안 전량 생존하였으나 20%에서는 10일째 30%만이 생존하므로서 북방대합(安永, 1980)에 비하여 저염분에 약한 편이었다. 이는 북방대합의 서식수심이 5~15 m로 연안수역에서 서식하지만 코끼리조개는 20~30 m 수역인 비교적 외해역에 서식하기 때문으로 생각된다.

산소소비량은 일정한 온도 내에서 수온에 비례하며 (Gradner와 Leatham, 1914), 尾崎(1979)에 의하면 어떤 온도 이상이 되면 산소소비량이 극대에 달하고 그 이후는 열장애, 열마취를 가져와 산소소비는 급격히 감소하며 죽는다고 보고하고 있다. 코끼리조개는 한해성으로 고수온에 약한편이 있어 여름철 관리에 주의를 요하며, 특히 고수온시 산소소비량이 급증하여 수온 15 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 8.12 ml/kg/hr.이던 것이 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 15.83 ml/kg/hr.로 급증하였다. 위의 결과로서 다른 종과의 용존산소소비 관련성을 비교(Table 2)하면, 코끼리조개의 산소소비는 활동성인 붕장어의 84.24 ml/kg/hr. (魏와 張, 1976) 보다는 크게 낮으나

Table 2. Comparison of oxygen consumption of *Panope japonica* to the other species

Species	Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Body weight (g)	Oxygen consumption (ml/kg/h)	Remark
<i>Astroconger myriaster</i>	19.5	294	84.24	魏와 張, 1976
<i>Anadara broughtonii</i>	19.2	202	11.13	魏와 張, 1976
<i>Corbicula fluminea</i>	25.0	0.7~10.3	3.0	Sung, 1972
<i>Halocynthia roretzi</i>	20.0	104	13.2	羅等, 1991
<i>Halocynthia roretzi</i>	25.0	108	16.1	羅等, 1991
<i>Panope japonica</i>	15.0	279	8.12	Present study
<i>Panope japonica</i>	20.0	268	10.46	Present study
<i>Panope japonica</i>	25.0	274	15.83	Present study

기수성인 남방재첩의 3.0 ml/kg/hr. (Sung, 1972) 보다는 5배의 산소가 요구되며, 우렁생이의 16.1 ml/kg/hr. (羅 等, 1976)와는 비슷하였다.

요 약

코끼리조개(*Panope japonica*)의 인공종묘생산 기술개발을 위한 연구의 일환으로 모패의 생태적인 습성을 구명하기 위하여 1994년 1월부터 12월까지 강원도 양양군 인구연안에 서식하는 코끼리조개를 대상으로 섭식활동 및 환경내성 등을 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

코끼리조개의 소화관 내용물에서 관찰된 먹이 생물의 종류는 총 20속 33종으로 식물성 플랑크톤이 87.9%를 차지하였다. 계절별 총 출현종류는 봄에 21종으로 가장 많이 출현하였고, 여름에는 11종으로 가장 적었다. 연중 출현하는 종은 *Nitzschia longissima*와 *Rizosolenia alata*의 2종이었다.

소화관 중량은 계절적으로 변화가 뚜렷한 年週期的이었으며, 겨울부터 봄에 걸쳐 증가하였고, 여름에는 가장 낮은 경향을 보였다.

코끼리조개 母貝의 환경에 대한 내성시험에서 수온은 5~20°C범위에서 서식이 적합하였고, 저온에는 강한 편이나 고온에는 약한 편이었다. 염분은 25~35%의 범위에서 서식이 적합하였고, 저염분에는 약한 편이었다.

산소소비량은 수온이 상승할 수록 증가하였으며, 15°C에서 8.12 ml/kg/h, 25°C에서 15.83 ml/kg/h로 수온에 따라 큰 차를 보였다.

참 고 문 헌

- Gradner, J. A. and C. Leetham, 1914. On the respiratory exchange in fresh water fish. *J. Biochem.* 8 : 374.
- Round, F. E., R. M. Crawford and D. G. Mann, 1992. The diatoms. Cambridge University. 747pp.
- Sasaki, K., 1987. Life cycle in adult stage of the sakhalin surf clam in Sendai Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 53(11) : 1959~1963.
- Sung, W. I., 1972. The effects of temperature and salinity on the oxygen consumption of excised gill tissue of *Corbicula fluminea* (Muller). *Pub. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll.* 5 : 37~43.
- 江原道, 1990. 江原沿岸 主要 貝類資源 調査 報告書. 大成文化出版社, 175pp.
- 金炯燮·朴榮濟·金完起·張貞源·金鍾斗, 1991. 江原沿岸 코끼리조개의棲息環境과 成長. 國立水産振興院 研究報告, 45 : 269~282.
- 羅琪煥·李彩成·崔禹政, 1991. 여름철 우렁생이 大量斃死에 對한 容存酸素의 影響. *韓國水産學會誌*, 24(1) : 52~58.
- 류동기·김용호, 1995. 군산연안 동쪽의 먹이생물에 대한 연구. *한국양식학회지*, 8(2) : 99~115.
- 尾崎久雄, 1979. 魚類生理學講座 第2卷, 呼吸と生理. 綠書房, 東京. 354pp.
- 北海道水産試験場, 1963. ホッキガイについて(その2). *北海道水試月報*, 20 : 16~28.
- 濱本俊策·大林萬鋪, 1985. 備讃瀬戸鹽飽諸島海域におけるナミカイ *Panopea japonica* (A. Adams)의 大量發生と その漁業實態. *栽培技研*, 14(2) : 7~25.
- 山路勇, 1982. 日本海産プランクトン圖鑑. 保育社, 537pp.
- 安永義暢, 1980. 砂浜性二枚貝の移殖時の減毛に關する基礎的考察. *日水研報*, 31 : 73~85.
- 元文星, 1994. 바지락의 種苗生産과 養殖場環境이 生産性に 미치는 影響. 釜山水産大學校大學院 博士學位 論文. 1~220p.
- 魏種煥·張榮振, 1976. 活魚輸送에 關한 基礎研究 (I). *水振研究報告*, 15 : 91~108.
- 柳晟奎, 1960. 龍湖灣産 二枚貝의 食餌에 關한 研究. 第1報 불통(*Macra veneriformis*). 釜山水大 研究報告, 3(1, 2) : 43~52.
- 柳晟奎, 1962. 龍湖灣産 二枚貝의 食餌에 關한 研究. 第2報 백합(*Dosinia japonica*). 釜山水大 研究報告, 4(1, 2) : 11~19.
- 李廷烈, 1994. 동쪽의 呼吸率, 濾水率 및 窒素排泄에 미치는 浮泥의 影響. *韓水誌*, 27(1) : 59~68.